



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Fabício Gomes Menezes Porto

**SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA APLICADO A UMA INDÚSTRIA DE
FERTILIZANTES LÍQUIDOS**

UBERABA-MG

2019

Fabrcio Gomes Menezes Porto

**SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA APLICADO A UMA INDÚSTRIA DE
FERTILIZANTES LÍQUIDOS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Inovação Tecnológica, área de concentração Processos Industriais e Energia, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Inovação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bacci da Silva

Coorientador: Prof. Dr. José Roberto D. Finzer

UBERABA-MG

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

P881s Porto, Fabrício Gomes Menezes
Sistema de produção enxuta aplicado a uma indústria de fertilizantes líquidos / Fabrício Gomes Menezes Porto. -- 2019.
32 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) --
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bacci da Silva
Coorientador: Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer

1. Planejamento da produção. 2. Produção enxuta. 3. Controle de processo. 4. Adubos e fertilizantes líquidos - Indústria. I. Silva, Marcelo Bacci da. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 658.5

FABRÍCIO GOMES MENEZES PORTO

SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA APLICADO À UMA FÁBRICA DE
FERTILIZANTES LÍQUIDOS

Trabalho de conclusão apresentado ao
Programa de Mestrado Profissional em
Inovação Tecnológica da Universidade Federal
do Triângulo Mineiro, como requisito para
obtenção do título de mestre.

Uberaba, 13 de fevereiro de 2019

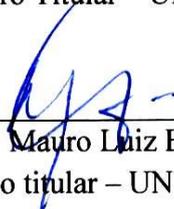
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Bacci da Silva
Orientador – UFTM



Prof. Dr. Ricardo Francisco Pires
Membro Titular – UFTM



Prof. Dr. Mauro Luiz Begnini
Membro titular – UNIUBE

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me permitir concluir mais essa etapa da minha jornada, me amparando em todos os desafios que se fizeram presentes.

A toda minha família, por me apoiar nas minhas decisões e ser o meu porto seguro.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Bacci da Silva, por todo conhecimento transmitido, confiança no meu trabalho e experiência repassada.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer, que me acompanha desde a graduação e foi, mais uma vez, essencial para a conquista deste título.

A todos os professores do PMPIT, por toda disposição ao longo da pós-graduação.

A Satis, pela liberação nos dias de aula e por permitir a realização desse estudo de caso.

Ao Edson e Wharley, gerente e supervisor da fábrica, por todo apoio, auxílio e dedicação na execução do trabalho.

Aos meus amigos Fernando, Matheus e Moacyr, que não mediram esforços para me auxiliar nas atividades administrativas da pós-graduação e por me ampararem nas estadias em Uberaba.

E a mim mesmo, por mais essa conquista.

RESUMO

A redução de custos de produção vem sendo, atualmente, um tema muito procurado pelas empresas, e assim, as organizações buscam ferramentas para aumentar a sua produtividade e competitividade num mercado cada vez mais global. O Sistema Toyota de Produção foi o primeiro programa a produzir através de uma demanda puxada, contrariando a teoria de Ford, e, dessa forma, conseguiu aumentar o nível de qualidade dos produtos, trabalhando com estoque zero, gerando uma maior sustentabilidade no negócio automotivo japonês. A indústria de tecnologia em nutrição vegetal vem crescendo nos últimos anos no Brasil, existindo na atualidade mais de 450 empresas no segmento e produzindo um faturamento anual na ordem de 5 bilhões de reais. Nesse contexto, as empresas fabricantes de produtos destinados a agricultura necessitam de técnicas e procedimentos capazes de reduzir os custos de produção e torná-las mais seguras quanto às aplicações no negócio agrícola. O presente trabalho teve por objetivo aplicar as práticas de produção enxuta (*lean manufacturing*) numa indústria de fertilizantes líquidos visando dobrar a capacidade produtiva atual. Após a implementação das ações determinadas, obteve-se uma produção final de 10m³/dia, redução do tempo de produção em 33%, redução de 92,8% de atividades de valor não agregado, e um retorno financeiro na ordem de R\$100,00 para cada R\$1,00 investido, além de melhores condições de trabalho e redução do número absoluto de atividades da formulação.

Palavras chaves: Produção enxuta, fertilizantes, melhoria de processos.

ABSTRACT

Reducing production costs is currently a topic for companies, and organizations are looking for tools to increase their productivity and competitiveness in an increasingly global market. The Toyota Production System was the first program to be produced through a demand driven, contrary to Ford's theory, and thus managed to raise the level of product quality, working with zero inventory, generating greater sustainability in the Japanese automotive business. The technology industry in plant nutrition has been growing in recent years in Brazil, with more than 450 companies in the segment and producing annual sales in the order of 5 billion reais. In this context, companies that produce agricultural products need techniques and procedures that can reduce production costs and make them more secure to use in applications in the agricultural business. The aim of this study was to apply lean manufacturing practices in a liquid fertilizer industry to double current production capacity. After the implementation of the determined actions, a final production of 10m³ / day was achieved, a 33% reduction in production time, a reduction of 92.8% in non-aggregated activities, and a rate of R \$ 100, 00 for each invested R \$ 1.00, as well as better working conditions and reduction of the absolute number of formulation activities.

Keywords: lean manufacturing, fertilizers, improvement process.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 JUSTIFICATIVA	10
3 OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVO GERAL.....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1 FERTILIZANTES	12
4.2 FABRICAÇÃO DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS.....	12
4.3 MANUFATURA ENXUTA	14
5 METODOLOGIA	19
5.1 MÉTODO.....	19
5.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	19
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
7 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo <i>hot-mix</i>	12
Figura 2 – Processo <i>cold-mix</i>	13
Figura 3 – Diagrama de <i>Ishikawa</i>	15
Figura 4 – Ciclo PDCA	17
Figura 5 – Diagrama de causa efeito	21
Figura 6 - Gráfico de pareto para as atividades de valor não agregado	22
Figura 7 - Posicionamento de sacaria de mp1	22
Figura 8 - Posicionamento de mp1 após aumento da plataforma do elevador	24
Figura 9 - Comparativo entre VA, NVA e VSA de antes e depois das melhorias	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABISOLO – Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal

LM – Lean Manufacturing

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

NVA – Valor não agregado

STP – Sistema Toyota de Produção

VA – Valor agregado

VSA – Valor semi agregado

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronoanálise do processo de formulação antes da melhoria	23
Tabela 2 – Plano de ação	24
Tabela 3 – Cronoanálise do processo de formulação depois da melhoria	25

1 INTRODUÇÃO

A implantação de técnicas que forneçam maiores produções com menores custos é de suma importância para a sobrevivência de negócios. O argumento de uma produção enxuta foi adotado pelas organizações japonesas na década de 40, e gera novos procedimentos para a excelência da produção, o que trouxe resultados significativos: redução de custos unitários, variedade de produtos, melhoria da qualidade e funcionários com competências polivalentes. Várias pesquisas têm demonstrado que o modelo de produção enxuta, introduzido pela Toyota, é o sucessor do tradicional modelo fordista de produção em massa, sendo esse passível de aplicação em qualquer âmbito empresarial (FAVONI *et al*, 2013).

O *Lean manufacturing* (Produção enxuta ou LM) é uma das metodologias que mais foi adotada nos últimos tempos nas maiores empresas dos EUA, pois, além de aumentar a produtividade, também consegue tornar a organização mais competitiva num mercado cada vez mais global (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2006). No meio acadêmico, tem-se identificado que a implantação, total ou parcial, de alguns conceitos ou técnicas da produção enxuta, como: Mapa do Fluxo de Valor, Trabalho Padronizado, Manutenção Preventiva Total, Troca Rápida de Ferramentas, Qualidade Total, *Kaizen*, entre outros, garantiram melhores resultados e maior economia nos processos produtivos, além dos ganhos operacionais e na performance do negócio (FAVONI *et al*, 2013).

A aplicação do LM consiste na união de ações contínuas que tem por objetivo especificar adequadamente o lucro sob a ótica do cliente final, excluindo atividades que geram desperdício e organizando as que geram valor para que aconteçam em um fluxo puxado pela demanda (SCHELLER; MIGUEL, 2014). Para uma melhor estruturação do escopo da produção enxuta, a utilização da metodologia *Kaizen* permite um maior ganho operacional, o que resulta em benefícios financeiros (GONÇALES FILHO; PIRES, 2017).

Desde o início das práticas da manufatura enxuta, o programa habitualmente foi de interesse de empresários e pesquisadores. Todavia, nem sempre as empresas conseguiram obter sucesso na implantação da produção enxuta. Alguns pontos essenciais, como a falta de direcionamento e planejamento, omitindo-se o fato do LM ser uma tarefa de longo prazo, são destacados por vários autores, o que se condensa,

de modo geral, na falta de perspectiva estratégica para sua implementação (MEDEIROS *et al*, 2016).

Inicialmente desenvolvido e implantado no setor automotivo, muitas das ferramentas do LM já foram implementadas para outros segmentos, como na indústria de eletrônicos e bens de consumo (ABDULMALEK e RAJGOPAL, 2007). Para o setor calçadista, não foi diferente, uma vez que apresenta um modelo de manufatura e ambiente industrial condizentes com a prática da produção enxuta. (SANTOS *et al*, 2017).

Diante do contexto, o presente estudo foi realizado numa fábrica de fertilizantes líquidos que realizam processo a quente. Portanto, o objetivo do trabalho foi aplicar as metodologias do *Lean Manufacturing* através das ferramentas *Brainstorming*, diagrama de causa e efeito, cronoanálise e *5W2H*, almejando duplicar a capacidade de produção, para alcançar 10m³/dia.

2 JUSTIFICATIVA

A indústria de tecnologia em nutrição vegetal é um nicho ainda pouco explorado pelos sistemas enxutos de produção, porém, representa grande participação no desenvolvimento do país, sendo 459 empresas do segmento que geraram mais de 17 mil empregos e um faturamento na ordem de R\$5,8 bilhões, além de R\$314 milhões investidos em P&D no ano de 2016 (ABISOLO, 2017).

Com o mercado em ascensão, tendo crescido mais de 26% entre 2014 e 2016, a implantação da manufatura enxuta na produção de fertilizantes especiais pode ser um fator de crescimento para empresas de todos os níveis. Sendo assim, o programa de melhoria contínua baseado no Sistema Toyota de Produção, e realizado através de ferramentas como o *Kaizen*, poderá proporcionar ao setor: redução de desperdícios e do risco ergonômico dos funcionários, aumento de produtividade e da competitividade do empreendimento.

A empresa em questão realizou um alto investimento para o aumento da capacidade produtiva, porém, sem retorno proporcional. O cenário anterior ao investimento contava com um reator de 2,2 m³ acoplado a uma torre de resfriamento que o condicionava para processar 3 bateladas por dia, ou seja, 6,6m³. Com a alta demanda de mercado, a diretoria da empresa em questão investiu em um equipamento de 5 m³, esperando produzir 2 bateladas diárias, 51% a mais que o modelo anterior. Contudo, não tendo ampliado o sistema de resfriamento, a alta temperatura gerada no processo de fabricação não pôde ser controlada com eficiência, causando uma produção 50% menor que a esperada.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar ferramentas do *Lean manufacturing* para aumentar a produção diária de 10m³ de fertilizante líquido.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Reduzir o número e tempo de atividades de valor não agregado;
- b) Dispor de um sistema produtivo sem desperdícios de tempo e materiais;
- c) Reduzir o risco ergonômico.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 FERTILIZANTES

Os fertilizantes são compostos que aumentam a disponibilidade de nutrientes essenciais as plantas através do fornecimento dos mesmos, com o objetivo de suprir a demanda nutricional das culturas agrícolas (ALBERTO, 2017).

O MAPA (IN 39, 2018) classifica os fertilizantes baseado em diversos parâmetros, sendo eles:

- ▶ a composição: mineral simples, mineral misto, mineral complexo, orgânico, organomineral e biofertilizante;
- ▶ o modo de aplicação: via solo, via foliar, via fertirrigação, via hidroponia e via semente; e
- ▶ a natureza física: sólido (granulado ou pó) e líquido (solução ou suspensão).

A composição é apresentada aos consumidores através das garantias (% de cada nutriente) da fórmula do produto, que pode conter, além dos nutrientes, agentes quelantes/complexantes e aditivos (tensoativos/surfactantes, compostos naturais e etc) que promovem uma melhor absorção e redistribuição do produto na planta. Os nutrientes são definidos como:

- ▶ Macronutrientes primários: Nitrogênio, expresso em %N, fósforo, expresso em %P₂O₅ e potássio, expresso em %K₂O.
- ▶ Macronutrientes secundários: Cálcio, expresso em %Ca, Magnésio, expresso em %Mg e enxofre, expresso em %S.
- ▶ Micronutrientes: Boro, Cloro, Cobalto, Cobre, Ferro, Manganês, Molibdênio, Níquel, Silício e Zinco, todos expressos na forma iônica (IN 39, 2018).
- ▶ Agentes quelantes e aditivos: a lista de itens permitidos pode ser consultada no site do MAPA.

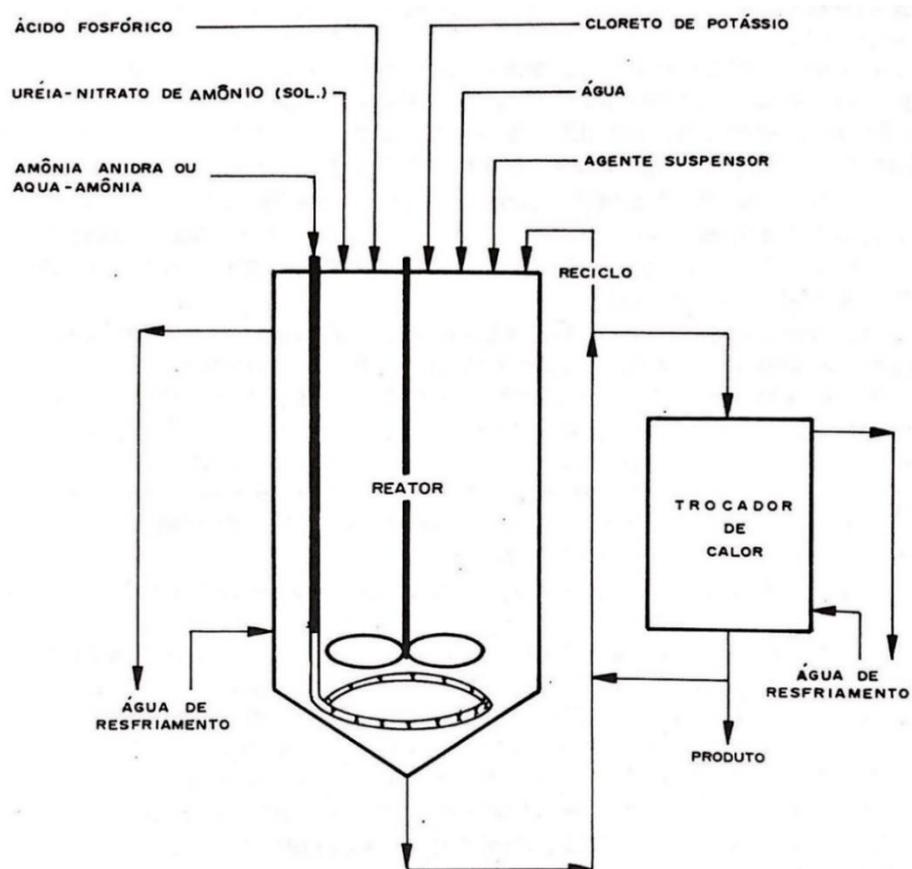
Quanto ao modo de aplicação, destaca-se a fertilização foliar, uma vez que essa prática busca suprir a necessidade nutricional da planta em uma eventual deficiência causada pela falta do nutriente no solo (ALBERTO, 2017). Vários trabalhos na cultura do trigo apresentaram bons resultados quando se aplicou nitrogênio via foliar, como o aumento do teor de proteína no grão. Outros resultados de aplicação de cálcio e boro em laranja interferiram em parâmetros de pós-colheita, o que infere diretamente na qualidade do fruto na prateleira (FERNANDEZ *et al*, 2015).

4.2 FABRICAÇÃO DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS

Para a produção de fertilizantes líquidos, pode-se destacar dois processos mais conhecidos que são utilizados para a fabricação de soluções ou suspensões concentradas, sendo eles o processo de mistura a quente (*hot-mix*) e o processo de mistura a frio (*cold-mix*).

O *hot-mix* é conhecido dessa maneira porque envolve a reação de vários componentes químicos, como amônia anidra e ácido fosfórico, fontes de N e P, e libera energia na forma de calor, sendo esta uma reação exotérmica, ver a Figura 1 (BICHARA, 1990).

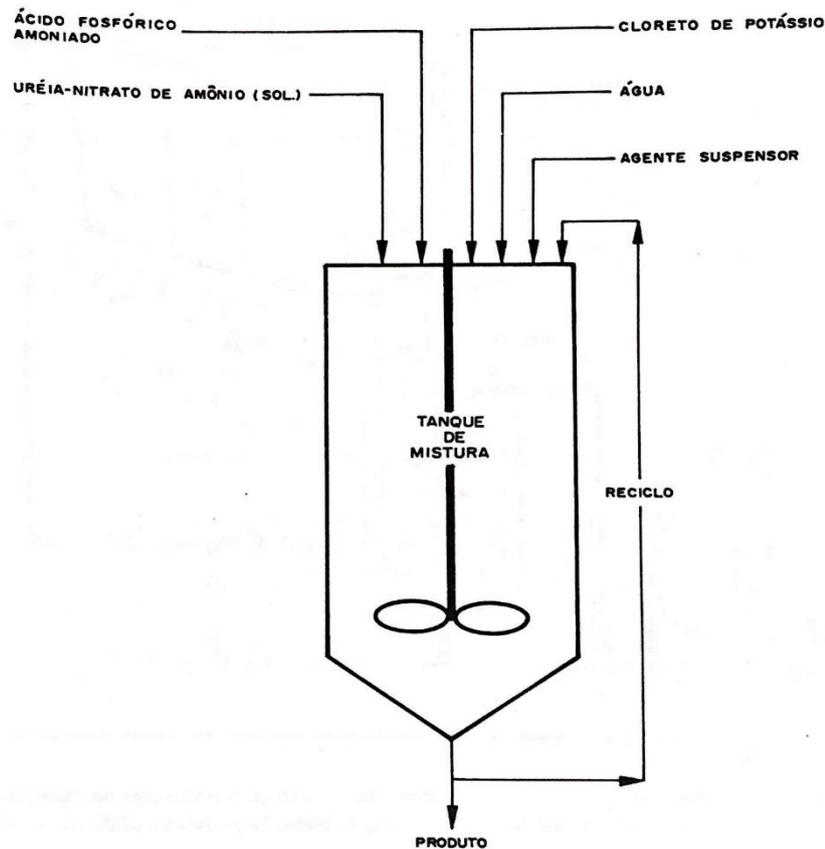
Figura 1. Processo *hot-mix*.



Fonte: BICHARA, 1990.

Já o *cold-mix*, não gera energia na forma de calor, caracterizando-se apenas pela mistura de componentes sem a ocorrência de reações exotérmicas, conforme Figura 2.

Figura 2. Processo *cold-mix*.



Fonte: BICHARA, 1990.

4.3 MANUFATURA ENXUTA

A necessidade de melhorias no âmbito industrial aliada à competitividade tem feito com que as empresas inovem suas estratégias para alcançarem seus objetivos, assumindo, para isso, diferentes posturas frente a seus clientes, processos, fornecedores e concorrentes, o que as torna mais competitivas. (THOMAS, 2012). Neste panorama, surge o conceito de **Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*)**, que consiste na otimização ou eliminação de atividades que não agregam valor ao produto, melhorando os prazos de entrega e promovendo o crescimento da empresa como um todo.

A origem da Manufatura Enxuta encontra-se no **Sistema Toyota de Produção (STP)** que surgiu a partir de um modelo já existente, o Fordismo. No entanto, os dois se diferem no que diz respeito às demandas de produção. No Fordismo, a produção

era controlada por uma central de planejamento, considerando previsões de futuras demandas, sendo assim caracterizado como um sistema “empurrado”. (GSTETTNER e KHUN, 1996). Já no STP, determinado item era produzido apenas se houvesse demanda atual, ou seja, não se programava a produção com base em prováveis demandas. Dessa forma, o STP era considerado um sistema “puxado”.

Além de técnicas capazes de gerar economia de recursos como *Just in Time* (JiT) e *kanban*, o STP é caracterizado por viabilizar constante capacitação de seu pessoal, bem como a melhoria contínua dos processos. Esse conjunto de investimentos é conhecido, no contexto do STP, como ***Kaizen***.

Uma das ferramentas utilizadas para a implantação de *Kaizen's* consiste no **Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)**. Tal método é dividido em duas etapas: a primeira compreende a análise do *layout* do fluxo de valor atual (estado atual) a fim de buscar as fontes de desperdícios; já na segunda, um novo fluxo de valor (estado novo) é criado a partir da redução dos desperdícios, dos inventários e, também, dos prazos de entrega. (ROTHER, 2003). Entende-se como *layout* a disposição de postos de trabalhos no espaço, com o objetivo de minimizar um custo.

Os sistemas de fluxo contínuo ou ininterrupto são definidos como aqueles nos quais o *layout* apresenta alta eficiência e inflexibilidade, sendo que a produção demanda longos períodos, alto volume e pequena diversidade de produtos. (OHNO, 1997). Assim, esses sistemas almejam produções em grandes quantidades num curto espaço de tempo. A padronização, por sua vez, também se destaca como uma das funções do STP, sendo responsável pela capacitação dos funcionários e melhorias do sistema, promovendo, dessa maneira, maior eficiência e qualidade a menor custo. (JOHANSSON et al. 2013).

Além do MFV, outro exemplo de Ferramenta Enxuta consiste no **5S**: Seiri (utilização), Seiton (arrumação), Seiso (limpeza), Seiketsu (normalizar) e Shitsuke (disciplina). Esse método tem atuação direta na organização e padronização visual do chão de fábrica, promovendo o desenvolvimento e a disciplina dos operadores. Seu conjunto de ações reduz de forma considerável as ineficiências e desperdícios de tempo, exigindo o esforço e envolvimento de todos, em busca de um ambiente de trabalho mais organizado e eficiente. (GAPP, FISCHER, KOBAYASHI, 2008).

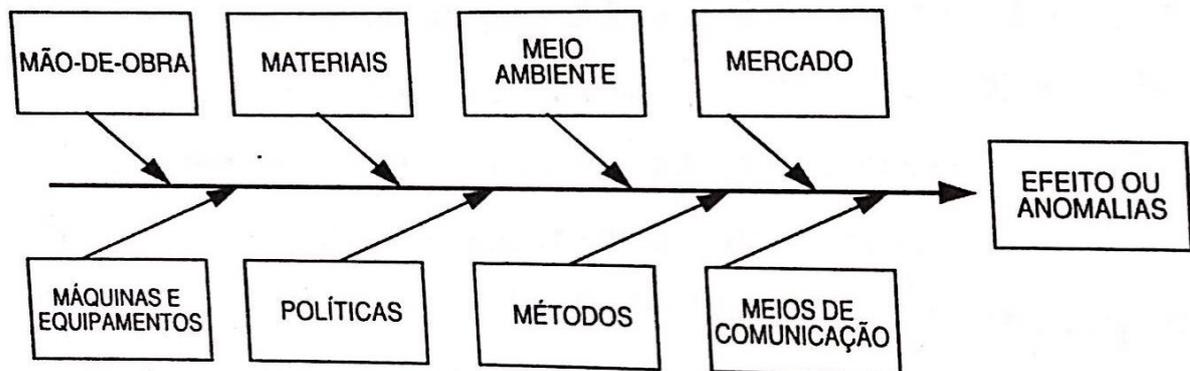
O *Kanban* é uma ferramenta responsável por controlar os níveis de estoque, reduzindo-o o quanto possível sem que afete negativamente a produção. Atuando entre postos de trabalho consecutivos, é uma maneira de atingir-se o *just in time*,

utilizando de cartões que contêm informações de coleta e transferência de produção. Assim, caso o estoque intermediário do posto de trabalho posterior esteja em níveis baixos, essa ferramenta faz com que a produção se inicie do posto anterior. (HOPP e SPEARMAN, 2013).

No dia-a-dia das empresas, os profissionais deparam-se com diversos tipos de problemas que, muitas vezes, parecem impossíveis de solucionar. Nesse contexto, há o **Brainstorming**, uma técnica que tem sido muito utilizada para desenvolver novas ideias e projetos, por meio da diversidade de ideias e opiniões (PILZ, 2011), chegando assim a um denominador comum.

O **Diagrama de Ishikawa (Diagrama de Causa e Efeito)** é uma ferramenta que estimula uma reflexão sobre as causas e possíveis razões que resultam em determinado problema. Define-se primeiramente o efeito do problema e, em seguida, traçam-se as ramificações – as causas detalhadas. Os fatores mais específicos são, por sua vez, descritos em ramificações menores. (SLINGOVSCHI, 2001). A Figura 3 apresenta um esquema desse diagrama.

Figura 3. Diagrama de Ishikawa.



Fonte: COLENGHI, 2003.

De acordo com o diagrama, os problemas (causas) podem ser divididos em seis diferentes tipos (6M's): o método (utilizado para executar a tarefa), a máquina (falta de manutenção ou operação errada), a medida (decisões a serem tomadas), o meio ambiente (qualidade do ambiente organizacional), a mão-de-obra (qualidade do operador) e o material (qualidade da matéria prima utilizada) (PORTAL DA ADMINISTRAÇÃO, 2018).

Após a identificação das principais causas do problema por meio do *Brainstorming* ou do Diagrama de *Ishikawa*, deve-se traçar um plano de ações para solucioná-lo por meio de outra ferramenta de qualidade, os **5W2H**. Segundo Pontes *et al.* (2005), trata-se de um documento que reconhece as ações e os respectivos responsáveis por executá-las. Para a elaboração do plano de ações, é necessário que as seguintes perguntas sejam respondidas:

- What? – O que será feito? (Etapas)
- Why? – Porquê será feito? (Justificativa)
- Where? – Onde cada etapa será executada? (Local)
- When? – Quando cada tarefa será executada? (Tempo)
- Who? – Quem realizará cada tarefa? (Responsabilidade)
- How? – Como será feito? (Método)
- How much? – Quanto custará?

Outra abordagem importante é conhecida como **Método dos 5 Porquês**, que consiste em perguntar o motivo de algum problema diversas vezes até que se chegue a sua verdadeira causa-raiz. Conforme esse método, o primeiro porquê parte do motivo pelo qual está acontecendo o problema. O segundo porquê parte da resposta do primeiro, e assim por diante, até que se chegue à origem do problema. Embora o método seja denominado 5 Porquês, não é necessário que sejam exatamente cinco; pode-se enumerar mais ou menos porquês, o que vai depender da necessidade para que se encontre a causa-raiz (AGUIAR, 2014).

Segundo Oliveira (2009), a **cronoanálise** é um método utilizado para avaliação do tempo para que determinada tarefa seja realizada no fluxo de produção (esse tempo inclui tolerância para necessidades pessoais, paradas de máquina, etc). Essa metodologia é empregada quando se deseja melhorar a produtividade, identificando falhas do processo e desperdícios de tempo, o que permite encontrar o tempo padrão para efetuar o trabalho de acordo com as devidas especificações (ALMEIDA, 2009).

Por meio da cronoanálise, é possível obter a capacidade produtiva, relacionada com a maior quantidade produzida de algum produto em um tempo pré-estabelecido. A capacidade produtiva de grande parte das organizações encontra-se abaixo do potencial, por falta de demanda para atingir essa capacidade. Assim, algumas

empresas tornam-se dependentes de setores que usam sua capacidade máxima, considerados retenções de capacidade dos empreendimentos (SLACK, 2002).

Por fim, o **Ciclo PDCA** (Figura 4) constitui um dos principais e mais utilizados métodos em se tratando de controle de qualidade. Foi desenvolvido na década de 30 por Shewhart, tornando-se popular na década de 50 através de Deming (NEVES, 2007). A sigla é formada pelas iniciais:

- P (*Plan*) – Planejar o trabalho a ser realizado, estabelecendo os objetivos e processos fundamentais para atingir resultados de acordo com pré-requisitos;
- D (*Do*) – Realizar o trabalho para implementar as ações necessárias;
- C (*Check*) – Medir e avaliar o que foi feito, comparando com o que foi planejado no plano de ações;
- A (*Act*) – Atuar – executar ações com o objetivo de melhorar continuamente os processos.

Figura 4. Ciclo PDCA.



Fonte: POSSARLE, 2014.

5 METODOLOGIA

O projeto de manufatura enxuta foi aplicado em uma fábrica de fertilizantes especiais que utiliza o modelo de produção *hot-mix*, sendo produtos de natureza líquida e sólida, localizada em Araxá, MG. A empresa possui uma linha de produtos para todas culturas agrícolas brasileiras, dando maior enfoque em soja, feijão, milho, café e hortifrúti.

5.1 MÉTODO

Discutiu-se possíveis causas utilizando o *brainstorming* e o problema foi identificado através de um diagrama de causa e efeito. Após isso, realizou-se a cronoanálise do processo de formulação, em triplicata, utilizando um cronômetro, identificando atividades de valor agregado, valor não agregado e de valor semi-agregado. Calculou-se o desvio padrão médio dos tempos das atividades. Com a disponibilidade dos dados, definiu-se um plano de ação por meio do 5W2H, e, após as devidas implementações, novamente, avaliou-se os tempos e atividades da formulação, para verificação da eficácia. Por fim, utilizou-se um indicador de benefício/custo para determinar qual o ganho financeiro que a empresa obteve na implantação da manufatura enxuta.

5.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS

a. *Brainstorming*

O Brainstorming é um método de trabalho em grupo que auxilia no surgimento de novas ideias sobre um determinado assunto (ou problema). Além disso, a ferramenta também pode estimular a criatividade da equipe, o que gera uma série de soluções para os temas em questão.

O modelo de estruturação do brainstorming consiste em 5 passos principais: apresentação do problema, livre exposição de ideias, escrever as ideias apontadas, reformulação dessas ideias, e por fim, avaliação das propostas levantadas.

Além desse caminho, é importante ressaltar que deve ser escolhido um líder para moderação da reunião e que o ambiente, sem excesso de controle por parte do coordenador (POSSARLE, 2014).

b. Diagrama de causa e efeito (DCE) ou diagrama de *Ishikawa*.

O DCE consiste em um gráfico estilo espinha de peixe, onde o eixo central (seta) aponta para a consequência das causas, que são representadas pelas ramificações desse eixo. Comumente, os elementos das causas são: mão de obra, meio ambiente, máquinas, métodos, materiais e medida.

Para elaboração, devem-se seguir os seguintes passos: definição do problema a ser analisado, levantamento de todas as causas e, por fim, apresentar esses dados através do modelo sugerido para essa ferramenta (COLENGHI, 2003).

Após ter posse do problema, é necessário realizar um brainstorming, pois garantirá precisão na determinação das causas. E, por diante, organizar as mesmas nas suas respectivas categorias.

c. Estudo de tempos (cronoanálise) e atividades VA e NVA

O estudo de tempo é um dos métodos mais utilizados em fábricas para medir o trabalho. Essa ferramenta auxilia medir a eficiência individual, com o objetivo de estabelecer padrões para a produção e um maior controle dos custos industriais.

A aplicação dessa ferramenta pode ser realizada através da carta de AV e NVA. Consiste em uma AV uma atividade que agrega valor, ou seja, uma operação que o cliente final remuneraria a empresa por ela. Portanto, NVA, definida como atividade que não agrega valor, seria aquela que o cliente final acredita ser onerosa.

Na indústria há ainda a atividade VSA, que seria a atividade que tem um valor semi-agregado. Nesse caso, consideraríamos uma VSA uma tarefa que pode se tornar VA através de investimento em máquinas e equipamentos que reduziram o tempo de processo.

A apresentação desse parâmetro pode ser realizada através de uma tabela ou gráfico controle, demonstrando o percentual ou de forma numérica os tempos de VA, NVA e VSA. Isso possibilita uma visão estratégica da produção, podendo servir como base para tomada de ações (MARTINS, 2005).

d. 5W2H (plano de ação)

Essa ferramenta é um documento que, de forma objetiva, define ações e responsabilidades de quem realizará, através de questões (5W2H) que tem a capacidade de orientar as atividades que deverão ser implementadas.

As questões referentes aos 5W são: *what, why, where, when, who*, que, em português, representam: o que, porque, onde, quando e quem. E aos 2H: *how*, e *how much*, que, do mesmo modo, como fazer e quanto irá custar. (POSSARLE, 2014).

Esse método pode ser apresentado por meio de uma tabela, com as questões a serem respondidas, ações a serem tomadas, responsáveis por ela, área em que serão executadas, quando e como serão executadas e qual o custo dessa ação.

e. Relação Benefício/Custo

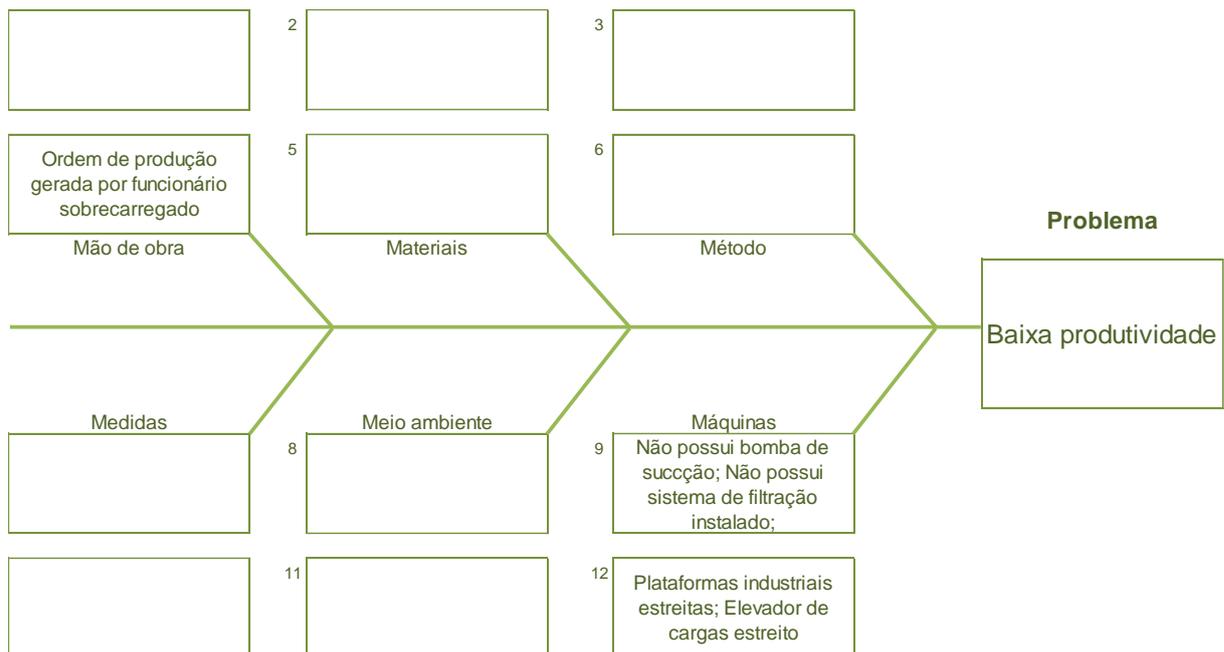
A relação benefício/custo é um indicador para verificar o quanto a empresa obteve de retorno por cada R\$1,00 investido, e será calculado através do somatório de todos os retornos financeiros que a empresa conseguirá em 1 ano dividido pelo somatório dos investimentos realizados, conforme equação 1.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum \text{retorno financeiro anual}}{\sum \text{investimentos}} \quad (1)$$

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

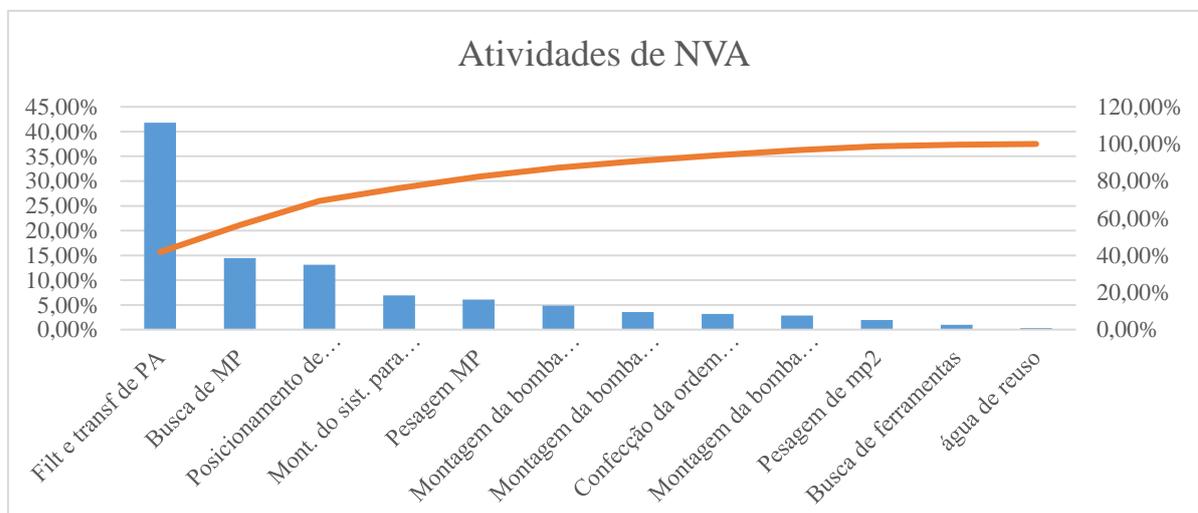
Após a direção da fábrica executar o *brainstorming*, realizou-se a análise de causa através do diagrama de causa e efeito, determinando então o problema raiz, sendo a baixa produção diária, que é causado pelo alto tempo para se formular o produto conforme as atividades descritas na Figura 5.

Figura 5. Diagrama de causa e efeito



Para o estudo de tempos, utilizou-se a ferramenta da cronoanálise aplicada a determinação de NVA, e obteve-se o resultado demonstrado na Figura 6.

Figura 6. Gráfico de pareto para as atividades de valor não agregado.



Nesse contexto, é possível verificar que as atividades que mais demandam tempo para a formulação do produto são: filtração do produto acabado e busca e posicionamento da sacaria de matérias-primas. A Figura 7 demonstra a atividade de posicionamento da mp1 no elevador de cargas, o que era realizado manualmente, movimentando sacos de 25 kg, totalizando 3 toneladas, e que representava 15% do valor de NVA.

Figura 7. Posicionamento de sacaria de mp1.



Fonte: autor, 2018.

A Tabela 1 descreve todas as atividades do processo de formulação do produto em questão antes das melhorias implementadas, com seus respectivos tempos de execução, e demonstra que a etapa de produção tem 63,4% de atividades com valor agregado (coluna VA), enquanto para valor não agregado, tem-se um percentual de 21,3% (coluna NVA). Na indústria e em projetos de *lean manufacturing*, é adotado um valor de 88% para VA e 12% para NVA. O desvio padrão médio dos tempos foi de 0,25.

Tabela 1. Cronoanálise do processo de formulação antes da melhoria

Setor	Descrição da atividade	tempo da atividade (min)	Antes da melhoria		
			VA	VSA	NVA
Produção	Confecção da ordem de produção	4,83			4,83
Produção	Abastecimento da água	17,32	17,32		
Produção	Montagem da bomba de transferência de água	5,50			5,50
Produção	Buscar container de água de reuso	0,50			0,50
Produção	Montagem da bomba transferência de MP	4,33			4,33
Produção	Busca de MP	22,10			22,10
Produção	Pesagem MP	9,26			9,26
Produção	Adição de água para solução da mp1	10,66	10,66		
Produção	Adição de água para solução da mp2	6,46	6,46		
Produção	Busca de ferramentas	1,50			1,50
Produção	Adição da mp3	15,62	15,62		
Produção	Posicionamento de sacaria da mp1	20,03			20,03
Produção	Adição da mp1 ao tanque para preparo da solução	30,05	30,05		
Produção	Bombeamento da mp4	25,01	25,01		
Produção	Mont. do siste. para adição da solução da mp1 ao reator	10,63			10,63
Produção	Adição da mp2 para preparo da solução	7,00	7,00		
Produção	Adição da solução da mp2 ao reator	115,75	115,75		
Produção	Pesagem da mp5	2,96			2,96
Produção	Adição solução da mp2 e da mp5	6,32	6,32		
Produção	Resfriamento do produto	30,00	30,00		
Produção	Montagem da bomba de transferência de PA	7,43			7,43
Produção	Filtração e transferência de PA	64,00		64,00	

Fonte: autor, 2018.

O tempo total da medição foi de 6 horas para a formulação de um volume de 5 m³. Apesar do somatório dos tempos apresentar um valor próximo a 7 horas de trabalho, é importante ressaltar que algumas atividades ocorrem simultaneamente. Considerando um turno de 8h45min, que é o realizado pela empresa, a produção fica delimitada nessa capacidade. Portanto, foi definido um plano de ação baseado na metodologia do 5W2H, onde o objetivo foi reduzir os tempos dos 3 itens com maior

morosidade no setor de produção para que seja possível produzir, ao menos, 10 m³ por dia, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Plano de ação

O que?	Quem?	Onde?	Quando?	Por quê?	Como?	Quanto?
Aumentar a plataforma do elevador	Engenheiro da fábrica	Produção	ago/18	Para facilitar o posicionamento da sacaria via empilhadeira	Contato com fornecedor de manutenção	R\$ 15.250,00
Adquirir filtro e bomba com vazão proporcional a necessidade	Engenheiro da fábrica	Produção	ago/18	Todo início de processo	Contato com fornecedores de bombas e filtros	R\$ 19.520,00
Reprojetar a plataforma	Engenheiro da fábrica	Produção	ago/18	Para facilitar o posicionamento da sacaria via empilhadeira	Contato com fornecedor de manutenção	Incluso no item 1
Realizar planejamento de produção	Gerente de Produção	Produção	ago/18	Planejar um dia antes o que será produzido no dia seguinte	Realizar treinamento de planejamento e controle da produção	R\$ 800,00

Fonte: autor, 2018.

Após a realização das melhorias, atendendo então o prazo estipulado, novamente realizou-se a cronoanálise, e então, obteve-se o seguinte resultado, apresentado pela Tabela 3. A redução do número de atividades em 50% (22 para 11) através da automatização de alguns processos e também a redução do tempo de outras movimentações, ocasionou um ambiente enxuto e sem desperdícios, focado exclusivamente em produzir. Observa-se que, com o processo alterado, as atividades VA representam 84% (coluna VA), VSA, 14% (coluna VSA), e, por fim, NVA (coluna NVA), apenas 2%.

Tabela 3. Cronoanálise do processo de formulação depois da melhoria

Setor	Descrição da atividade	tempo da atividade (min)	Depois da melhoria		
			VA	VSA	NVA
Produção	Adição mp1	15,33	15,33		
Produção	Busca de materiais	1,43			1,43
Produção	Pesagem do restante de mp1	1,49	1,49		
Produção	Preparação mp2	22,73	22,73		
Produção	Adição mp3	27,0	27,00		
Produção	Limpeza da linha da mp3	5,00			5,00
Produção	Resfriamento da mistura primária	22,0		22,00	
Produção	Adição mp4	9,0	9,00		
Produção	Adição mp2	110,0	110,00		
Produção	Resfriamento produto final	44,0	44,00		
Produção	Filtração e bombeamento	15,0		15,00	

Fonte: autor, 2018.

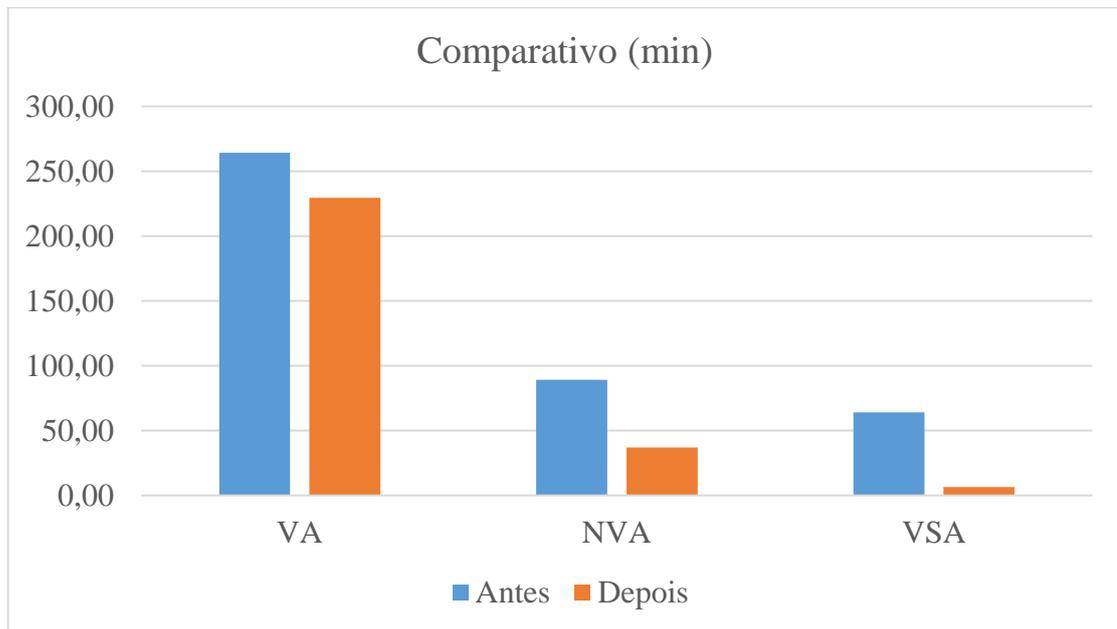
A Figura 8 apresenta a nova atividade após a melhoria de posicionamento de mp1, onde o palete com matéria prima é colocado via empilhadeira diretamente no elevador de cargas, diferindo do que foi apresentado na Figura 7, onde o posicionamento era manual.

Figura 8. Posicionamento de mp1 após aumento da plataforma do elevador.

Fonte: autor, 2018.

A Figura 9 demonstra o comparativo entre as atividades VA e NVA, em função do tempo (minutos), do processo de formulação antes e depois das melhorias.

Figura 9 – Gráfico comparativo entre VA, NVA e VSA de antes e depois das melhorias



Desse modo, o tempo total para formulação do produto passou a ser de 4h, o que possibilita a produção de 10m³ por dia, num turno de 8h45min. A avaliação de benefício/custo pode ser realizada levando em consideração que 1 litro de produto que gera uma receita média de R\$3,00, numa produção de 5m³ a mais do que estava instalado, por dia, em 20 dias por mês e em 12 meses por ano, resultando em um retorno de R\$101,20 para cada R\$1,00 investido, conforme equação abaixo:

$$\frac{B}{C} = \frac{\left(\text{receita média} \frac{\text{produto}}{L} * \text{aumento de produção} \right) * \left(\frac{\text{dias trabalhados}}{\text{mês}} \right) * \left(\frac{\text{meses}}{\text{ano}} \right)}{\text{Custo do projeto}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\left(\frac{R\$3,00}{L} * 5000L \right) * \left(20 \frac{\text{dias}}{\text{mês}} \right) * (12 \text{ meses/ano})}{R\$35.570,00}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{R\$3.600.000,00}{R\$35.570,00} = R\$101,2$$

7 CONCLUSÃO

O presente estudo apresentou práticas de ferramentas *lean manufacturing* aplicadas à uma indústria de fertilizantes líquidos, o que, até então, se trata como uma inovação, visto que não foi encontrado na literatura relatos da aplicação de tal ferramenta nesse segmento de mercado.

Diante do exposto, conclui-se que a manufatura enxuta em indústrias de tecnologia de nutrição vegetal é extremamente viável, pois culminou no atingimento da meta de produção de 10m³/dia, redução das atividades de valor não agregado em 92,8%, redução do tempo de produção em 33%, e, conseqüentemente, na análise de benefício/custo, obteve-se um retorno de R\$101,20 para cada R\$1,00 investido. Pôde-se notar ainda uma melhor condição ergonômica de trabalho, uma vez que foi reduzido o número absoluto de atividades, principalmente as que demandavam transporte de peso por meio dos colaboradores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J.; Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *Int. J. Production Economics*, v. 107, p. 223–236. 2007.

AGUIAR, M. C., 2014. *Análise de Causa Raiz: levantamento dos métodos e exemplificação*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio, Rio de Janeiro-RJ. (Dissertação de Mestrado), 153 p.

ALBERTO, Letícia. *Granulação de fertilizante foliar por spray dryer, na perspectiva de projeção em escala industrial*. Programa de Pós-Graduação em Inovação Tecnológica da UFTM, Uberaba – MG. (Dissertação de Mestrado), 2017.

ALMEIDA, Bruno Fernandes Oliveira de. *Método da elaboração da folha de processos em sistemas de manufatura*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009. 42 f.: il. Disponível em: http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2009_1_Bruno-Fernandes.pdf

ANUÁRIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL, ABISOLO, 2017. Disponível em: <https://abisolo.com.br/anuario-edicoes-anteriores/>

BIBLIOTECAS SEBRAE. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/49B285DDC24D11EF83257625007892D4/\\$File/NT00041F72.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/49B285DDC24D11EF83257625007892D4/$File/NT00041F72.pdf). Acesso em: 26/02/2018.

BICHARA, J. M; *Tecnologia de produção de fertilizantes*. Cap. 6. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990.

COLENGHI, V. M; *O&M e qualidade total: uma interpretação perfeita* / Vitor Mature Colenghi – 2. Ed – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

FAVONI, C; GAMBI, L.N; CARETA, C. B; *Oportunidades de implementação de conceitos e ferramentas de produção enxuta visando melhoria da competitividade de empresas do apl calçadista de jaú/sp*. *Revista Produção Online*, Florianópolis, SC, v. 13, n. 3, p. 1118-1142, jul./set. 2013.

FERNÁNDEZ, V; SOTIROPOULOS, T; BROWN, P; Adubação Foliar: Fundamentos Científicos e Técnicas de Campo – 1. Ed – São Paulo: ABISOLO, 2015.

GAPP, R.; FISHER, R.; KOBAYASHI, K. Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Management Decision*, v. 46, n. 4, p. 565-579, 2008.

GEORGE, M.L.; ROWLANDS, D.; KASTLE, B. **What is six sigma?** New York: McGraw-Hill, 2004.

GONÇALES FILHO, M., PIRES, S. R. I. Os principais passos adotados na aplicação de kaizen em fabricante de componentes industriais seriados. *Revista Produção Online*. Florianópolis, SC, v.17, n. 4, p. 1160-1178, 2017.

GSTETTNER, S., e KHUN, H.: Analysis of production controlsystems Kanban and CONWIP.International. **Journal of Production Research**, v.34, p. 3253-3273, 1996.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. (2013) *A Ciência da Fábrica - 3ª Ed.*

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 39 DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-39-2018-fert-minerais-versao-publicada-dou-10-8-18.pdf>

JOHANSSON, P. E. C. LEZAMA, T. MALMSKÖLD, L. SJÖGREN, B. AHLSTRÖM L. M. Current State of Standardized Work in Automotive Industry in Sweden. **Procedia CIRP**. Vol 7, p.151–156. 2013.

KASAHARA, E. S.; CARVALHO, M. M. Análise dos Modelos TQM e Seis Sigma: estudo de múltiplos casos. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003. **Anais...** Ouro Preto. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 1-8.

LEXICO LEAN – **Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. 4. ed. Lean Enterprise Insitute. 2003.

MARTINS, P. G; Administração da produção / Petrônio G. Martins, Fernando P. Laugeni – 2. Ed. rev., aum. e atual – São Paulo: Saraiva, 2005.

- MEDEIROS, N. C; SANTOS, L. C; GOHR, C. F; TOMÉ, F. S; Recursos estratégicos para a produção enxuta: um estudo de caso no setor de manufatura eletrônica. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 16, n. 4, p. 1309-1328, out./dez. 2016.
- NEVES, T. F., 2007. Ferramentas da qualidade: uma aplicação em uma IES para desenvolvimento de artigos científicos. Curso de Engenharia de Produção da UFJF, Juiz de Fora-MG. (Monografia), 56 p. Disponível em: http://www.fmepro.org/XP/editor/assets/DownloadsEPD/TCC_junho2007_ThiagoNeves.pdf. Acesso 26/02/2018
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OLIVEIRA, C. Análise e controle da produção em empresa têxtil, através da cronoanálise. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário de Formiga, Formiga, Minas Gerais, 2009.
- PILZ, D. M., DOCKHORN, B. S., GARLET, E., POLACINSKI, E., 2011. Ferramentas da Qualidade: uma aplicação em uma IES para desenvolvimento de artigos científicos. Semana Internacional das Engenharias da Fahor, Horizontina-RS. (Artigo Científico), 9 p. Disponível em: http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011_Ferramentas_qualidade_aplicacao_artigos%20cientificos.pdf. Acesso em: 26/02/2018
- PONTES, H. L. J; et al. (2005). Melhoria no sistema produtivo de uma fábrica de café: estudo de caso. In Simpósio de Engenharia de Produção, 12, Bauru. Anais... São Paulo: SIMPEP, 2005.
- PORTAL DA ADMINISTRAÇÃO. Disponível em: www.portal-administracao.com Acesso em: 26/02/2018.
- POSSARLE, R.; Ferramentas da qualidade / Roberto Possarle. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014.
- ROCHA, J. A. V., NAVARRO, A., 2014. A importância da capacidade produtiva e cronoanálise para empresas do polo moveleiro de Ubá. IX Simpósio de Engenharia de Produção, Viçosa-MG. (Artigo Científico), 8 p. Disponível em: <http://www.saepro.ufv.br/wp-content/uploads/2014.15.pdf>. Acesso em: 26/02/2018

ROTHER, M. **Learning to see**: value stream mapping to add value and eliminate. Lean Enterprise Institute; 2003.

SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The Integration of six sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p.249-274, 2010.

SANTOS, L. C; GOHR, C. F; GONÇALVES, J. M. S; VILAR; F. M. M; ARNAUD, L. M; Identificação e avaliação de práticas de produção enxuta em empresas calçadistas do estado da Paraíba. *Revista Produção Online*, Florianópolis, SC, v. 17, n. 1, p. 176-199, jan./mar. 2017.

SCHELLER, A. C., MIGUEL, P. A. C., 2014. Adoção do Seis Sigma e Lean Production em uma Empresa de Manufatura. *Revista Produção Online*, Florianópolis, SC, v.14, n. 4, p.1316-1347, out./dez. 2014.

SILINGOVSKI, R. "A gestão da qualidade" na administração e organização da unidade de informação 4 da rede de bibliotecas UNOESTE de presidente prudente. 2001. Monografia (Especialização) – Programa de Gerência de Unidades de Informação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2001.

SINGHA, R. GOHILB, A.M. SHAHB, B.D. DESAIC, S. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. **Procedia Engineering**, v. 51, p. 592–599, 2013.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da Produção*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMITH, B. Lean and Six Sigma – a one-two punch. **Quality Progress**, v.36 n.4, p.37-41, 2003.

THOMAS, K.P. Investment incentives and the global competition for capital. **Journal of common market studies**, v. 50, n. 1, 2012.